

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

до розрахунково-графічної роботи з курсу

***«Електричні машини»***

(для студентів 3, 4 курсів заочної форми навчання спеціальностей  
6.050702 «Електромеханіка» та 6.050701 «Електротехніка  
та електротехнології»)

**Харків**  
**ХНАМГ**  
**2007**

Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з курсу «Електричні машини» (для студентів 3, 4 курсів заочної форми навчання спеціальностей 6.050702 «Електромеханіка» та 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М. Л. Глебова, О. В. Дорохов, М. В. Чернявська. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 18 с.

Укладачі: М. Л. Глебова,  
О. В. Дорохов,  
М. В. Чернявська

Рецензент: д.т.н. проф. В. Б. Фінкельштейн

Рекомендовано кафедрою електротехніки,  
протокол № 4 від 23 листопада 2006 р.

## **1. ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО КУРСУ**

Вивчення курсу ґрунтується на знанні курсів математики, фізики, теоретичних основ електротехніки.

У процесі вивчення слід виділяти ті загальні питання, що характерні для різних видів машин. При вивченні теоретичної частини електричних машин необхідно засвоїти принцип дії, основні закони і процеси, що відбуваються в них, призначення магнітної системи і обмоток, конструкцію і основні характеристики.

Потрібно усвідомити умови перетворення енергії і утворення магнітного потоку, взаємозв'язок між магнітним потоком та електрорушійною силою (е.р.с.), індукованої в обмотках, а також природу появи обертаючого чи гальмуючого електромагнітного моменту, виникнення втрат потужності й напруги в машині.

Виведення формул, що показують кількісний взаємозв'язок цих явищ, дозволяє глибоко зрозуміти вплив параметрів машини на її властивості і знайти вирази, що аналізують властивості машини.

Основні експлуатаційні властивості машини виражають певними характеристиками, графічними залежностями між величинами. Характеристики машини дозволяють установити розподіл навантаження, зв'язок між корисною потужністю, частотою обертання і т.п.

Студент повинен чітко уявляти собі доцільність застосування в різних умовах електричної машини з тими чи іншими параметрами, а отже, і характеристиками.

## **2. ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ТИПІВ МАШИН**

### **2.1. Машини постійного струму**

Необхідно чітко представити собі процес створення е.р.с. в обмотці якоря. Цей процес є загальним для всіх електричних машин. Власне кажучи, в

обмотці якоря індуктується змінна е.р.с. і по цій обмотці проходить змінний струм, що випрямляється за допомогою колектора.

Далі вивчають принцип побудови обмоток машини постійного струму і їхній зв'язок з колектором. Треба простежити утворення паралельних віток, усвідомити особливості обмоток різних типів, основні області їхнього застосування.

Розділ, присвячений розрахунку магнітної системи машини, слід ретельно вивчити, тому що багато положень розрахунку магнітного ланцюга машини постійного струму застосовано у розрахунках машин інших типів.

Одним з найважливіших є розділ, присвячений виникненню і дії реакції якоря. Треба чітко усвідомити вплив реакції якоря на величину результуючого потоку і перекручування форми кривої поля.

Дуже складним і важливим питанням при вивченні машин постійного струму є комутація. Треба засвоїти фізичну сутність і причини утворення реактивної е.р.с. і е.р.с. зовнішнього поля в секціях, накоротко замкнутих щіткою. Тільки при цьому можна зрозуміти автоматичність дії додаткових полюсів, їхню полярність і спосіб збудження.

При ознайомленні з роботою щіток треба звернути увагу на боротьбу з коловим вогнем на колекторах високовольтних машин, розібратися в причинах цього явища.

На характеристики машин постійного струму впливає система збудження.

При вивченні характеристик генераторів треба звернути увагу на причини зміни напруги на виході при зміні навантаження, способи регулювання напруги.

При вивченні двигунів слід мати на увазі, що в обмотках якоря утвориться така ж е.р.с., як і у генераторах. За певних умов двигун може автоматично перейти у генераторний режим, а генератор – у руховий.

Повинна бути добре засвоєна своєрідність характеристик двигунів різних типів.

Велику увагу при вивченні двигунів постійного струму необхідно

приділяти вивченню способів пуску і регулювання частоти обертання. Ознайомитися з роботою системи “Генератор-Двигун”, системи “Тиристорний перетворювач – двигун”, тиристорно-імпульсного способу керування, особливо у застосуванні на електротязі.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Поясніть роль колектора у машинах постійного струму як у генераторному, так і в руховому режимах роботи.
2. Скільки паралельних віток має проста обмотка якоря чотириполусної машини при хвильовій і при петльовій схемі?
3. Від чого залежить е.р.с. якоря машини постійного струму?
4. Чому е.р.с. не пропорційна струму збудження?
5. Чим визначається момент машини постійного струму?
6. Чому напруга на виході генератора зменшується зі збільшенням навантаження в машині з незалежним збудженням? Чому зовнішня характеристика генератора з паралельним збудженням крутіше ніж зовнішня характеристика генератора з незалежним збудженням?
7. Поясніть механічні характеристики двигунів різного типу. Чому двигуни з послідовним збудженням застосовують в електротранспорті?
8. Чому двигун послідовного збудження боїться режиму холостого ходу?
9. Як здійснюють пуск двигунів постійного струму?
10. Які основні методи регулювання частоти обертання двигунів постійного струму Вам відомі? У чому їхні переваги і недоліки?
12. Що таке комутація у машинах постійного струму?
13. Які основні причини іскріння на колекторі?
14. Для чого слугують додаткові полюси?
15. Які переваги і недоліки мають машини постійного струму окремих типів, яка область їхнього застосування?

## **2.2. Трансформатори**

Необхідно повторити принцип дії трансформатора, розглянутий у курсі ТОЄ, зрозуміти, як складати основні рівняння електричного і магнітного стану.

Вивчаючи векторні діаграми, варто розглянути фізичний зміст явищ, вивчити вплив змін режиму роботи на окремі величини, що входять у векторну діаграму. Слід мати на увазі, що коли головним призначенням векторних діаграм є якісна ілюстрація процесів, що відбуваються в трансформаторах, то для розрахунків використовують схему заміщення. За цією схемою визначають ККД трансформатора, зміну напруги на навантаженні, розподіл навантаження між включеними трансформаторами і т.д.

Слід звернути увагу на способи експериментального визначення параметрів схеми заміщення – досліді холостого ходу і короткого замикання.

Вивчаючи групи з'єднань трифазних трансформаторів, варто звернути увагу на зрушення за фазою лінійних напруг, що обумовлені способом з'єднання фаз.

Необхідно з'ясувати умови проходження третьої гармонійної складової струму холостого ходу, появу третіх гармонік магнітного потоку і фазних е.р.с. залежно від групи з'єднання трансформаторів.

Необхідно усвідомити також умови, при яких можлива нормальна рівнобіжна робота трансформаторів.

Потрібно вміти скласти диференціальні рівняння, що виражають взаємозв'язок явищ при перехідних режимах трансформаторів, вміти вирішувати їх (на випадок включення трансформаторів і раптового короткого замикання).

Треба звернути увагу на вивчення деяких особливих видів трансформаторів: автотрансформаторів, вимірювальних і зварювальних.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Які види трансформаторів вам відомі?
2. Чому осердя силового трансформатора виконано із сталі? Чому воно

шихтоване?

3. Які явища враховують елементи схеми заміщення трансформатора?
4. Як експериментально визначити параметри схеми заміщення?
5. Як експериментально визначити втрати у трансформаторі?
6. При якому характері навантаження вторинна напруга підвищується і чому?
7. Яке значення має параметр напруги короткого замикання?
8. Які умови включення трансформаторів у паралельну роботу?
9. Які основні переваги й недоліки автотрансформаторів?
10. Який режим неприпустимий для вимірювальних трансформаторів струму?
11. Який режим неприпустимий для вимірювальних трансформаторів напруги?
12. Які особливості зовнішньої характеристики зварювального трансформатора?

### **2.3. Асинхронні машини**

Насамперед слід ознайомитися з принципами виконання обмоток машин змінного струму, викладеними у розділі “Загальні питання теорії машин змінного струму”. Зрозуміти, як при конструюванні обмоток одержують форму  $e.p.c.$ , близьку до синусоїдальної.

Вивчити загальну побудову і принцип дії асинхронного двигуна. Зрозуміти, як утворюється обертове поле трифазної обмотки статора.

Ознайомитися з процесами, що виникають у машинах із загальмованим ротором, і являють собою своєрідний трансформатор.

Далі розглядають величину  $e.p.c.$  і механізм передачі енергії з первинної обмотки у вторинну. Слід звернути увагу на взаємну нерухомість магніторушійної сили ( $m.p.c.$ ) ротора і статора при будь-якій частоті обертання ротора.

За енергетичною діаграмою асинхронного двигуна виводять початкові

формули величин обертаючого моменту і ковзання.

Необхідно добре засвоїти формули величин обертаючого моменту і ковзання.

Слід твердо знати, що момент створюють взаємодією основного магнітного потоку й активною складовою струму ротора.

Для простого виведення кількісних залежностей у машині обертаючий ротор замінюють еквівалентним нерухомим, а потім усю асинхронну машину - еквівалентною схемою заміщення, подібною до схеми заміщення трансформатора, включеного на активне навантаження.

Схема заміщення є основною у дослідженні асинхронної машини; за нею легко визначити величину обертаючого моменту залежно від параметрів машини, а також усі інші величини, що характеризують роботу машини (момент, струми, коефіцієнт потужності, ковзання і т.д.).

На основі схеми заміщення будують колову діаграму, що показує зв'язок між струмами, втратами і ковзанням. Параметри схеми заміщення, а отже і дані для побудови колової діаграми можуть бути знайдені за допомогою дослідів холостого ходу і короткого замикання.

При пуску асинхронного двигуна прагнуть:

- а) одержати великий пусковий момент;
- б) знизити пусковий струм.

Варто звернути увагу на протиріччя у вирішенні цих проблем для короткозамкнених двигунів.

Вивчаючи способи регулювання частоти обертання асинхронних двигунів, важливо звернути увагу на труднощі плавного й економічного регулювання у широких межах.

Особливий інтерес має вивчення способів пуску однофазних двигунів.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Чому асинхронний двигун не може досягти синхронної швидкості?
2. Як утворюється обертове магнітне поле?



3. Що враховують елементи на схемі заміщення асинхронного двигуна?
4. Чим відрізняється двигун з фазним ротором від короткозамкненого?
5. Як зміниться пусковий момент двигуна при включенні реостата у ланцюг ротора?
6. Чому знижується коефіцієнт потужності асинхронного двигуна при зниженні навантаження?
7. Як експериментально визначити дані для побудови колової діаграми асинхронного двигуна?
8. Для чого потрібна колова діаграма?
9. Як побудувати колову діаграму асинхронного двигуна?
10. Чи буде двигун працювати стійко, якщо напруга мережі впала на 30%? Двигун працює з номінальним моментом, а кратність максимального моменту /перевантажувальна здатність/ дорівнює двом?
11. За рахунок чого підвищується пусковий момент у двигуні з подвійною кліткою?
12. Чому рівні втрати у колі ротора при ковзанні 50%?
13. Від яких параметрів асинхронного двигуна залежить струм холостого ходу?
14. Як регулювати частоту обертання асинхронного двигуна?
15. Які основні переваги й недоліки асинхронних двигунів?

## **2.4. Синхронні машини**

Познайомившись з принципами дії і побудовою синхронних машин, потрібно усвідомити, як поліпшується форма кривої е.р.с. синхронного генератора.

Найважливішими у теорії синхронних машин є процеси, пов'язані з реакцією якоря. Поле реакції нерухомо щодо полюсів ротора/індуктора і його поля.

Е.р.с. в обмотці статора при роботі машини під навантаженням індукується потоком, утвореним результуючою м.д.с. ротора і реакції якоря.

Взаємне розташування поля реакції якоря і поля збудження ротора визначається зрушенням фаз між струмом і е.р.с. синхронної машини. Треба усвідомити розходження подовжнього і поперечного поля у машинах з явно вираженими полюсами.

Особливу увагу треба приділити векторним діаграмам, за якими виконують розрахунки будь-яких режимів роботи.

При вивченні паралельної роботи синхронної машини з мережею слід зупинитися на питаннях необхідності застосування паралельної роботи і включенні генератора на паралельну роботу з мережею нескінченної потужності.

Треба чітко усвідомити, що при регулюванні величини обертаючого моменту змінюється активна потужність, а при регулюванні струму збудження змінюється реактивна потужність синхронної машини.

Слід звернути увагу на те, що стійка паралельна робота синхронної машини при сталому режимі має місце тільки тоді, коли питомий синхронізуючий момент/потужність/ має позитивне значення.

Велике значення має проблема пуску синхронних двигунів.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Способи, що існують для поліпшення форми е.р.с. синхронного генератора.
2. Що таке подовжня реакція якоря синхронної машини?
3. Чому у явнополюсній машині для врахування реакції якоря м.д.с. якоря розкладають на подовжню і поперечну складові?
4. Що враховують індуктивні опори синхронної машини?
5. Як впливає величина повітряного зазору на індуктивний опір синхронної машини?
6. Що буде з напруженою синхронною генератором при включенні машини на смісне навантаження?
7. Від чого залежить гранична потужність, на яку можна навантажити

синхронний генератор при паралельній роботі з мережею?

8. Чому в нормальних умовах включена паралельно з мережею синхронна машина не випадає із синхронізму?

9. Як можна розвантажити синхронний генератор, що працює паралельно з мережею?

10. Які недоліки й переваги синхронних двигунів?

### **3. ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ**

#### **Вказівки до виконання контрольних робіт**

Контрольні роботи виконують студенти після пророблення відповідних розділів теорії: перше завдання по машинах постійного струму і трансформаторах, друге - по асинхронних машинах.

Номер варіанта вибирають за останньою цифрою номера шифру студента, потужність і втрати потужності збільшують на передостанню цифру шифру.

Графічну частину виконують на міліметровому папері.

#### **3.1. Завдання до контрольної роботи № 1**

##### **А. Електричні машини постійного струму**

Двигун паралельного збудження має дані:

Номінальна потужність на валу  $P_n$ .

Номінальна напруга  $220\text{ В}$ .

Номінальна частота обертання  $n_n$ .

Механічні й магнітні втрати складають 4,5 % від споживаної потужності.

Втрати в обмотці якоря  $\Delta P_a$ .

Втрати в обмотці збудження  $\Delta P_e$ .

Потрібно визначити:

а) спожитваний двигуном струм і ККД при повному навантаженні;

б) опір обмоток якоря і збудження;

в) частоту обертання при холостому ході, вважаючи, що механічні й магнітні втрати мають те ж значення, що і при навантаженні.

Таблиця 1 - Варіанти до завдання А

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_n$ , кВт	16	12	24	32	8	12	24	16	12	8
$\eta_n$ , об/хв	960	960	1420	1420	1420	1200	1420	800	800	800
$\Delta P_a$ , Вт	700	600	700	1400	300	600	750	600	400	300
$\Delta P_{\phi}$ , Вт	800	700	800	1600	400	700	900	700	500	400

### Б. Трансформатори

Трифазний знижувальний трансформатор з масляним охолодженням мас дані, які наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – варіанти до завдання Б

Номінальна потужність  $S_{IH}$ , кВа.

Номінальна вища напруга  $U_{вн}$ , В.

Номінальна нижча напруга  $U_{нн}$ , В.

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{IH}$ , кВт	100	180	320	560	1000	50	1800	20	10	560
$U_{IH}$ , В	500	3000	6000	10000	35000	35000	10000	6000	6000	35000
$U_{2H}$ , В	230	400	400	400	400	6300	400	400	400	10500
$u_K$ , %	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	5,5	5,5	5,5	6,5
$I_O$ , %	6,5	6,0	6,0	6,0	5,5	9,0	4,5	10,0	10,0	6,5
$P_O$ , Вт	600	1000	1600	2500	5100	540	8000	180	105	3350
$P_K$ , Вт	2400	4000	6070	9400	15000	1325	24000	600	335	9400

Напруга короткого замикання  $u_K$ , %.

Струм холостого ходу  $I_O$ , %.

Втрати холостого ходу  $P_O$ , Вт.

Втрати короткого замикання  $P_K$ , Вт.

Група з'єднання обмоток  $Y/Y_{про}$ .

Потрібно:

а) за даними холостого ходу і короткого замикання визначити параметри схеми заміщення, прийнявши її симетричною:

$$R_1 = R_2'; X_1 = X_2'; Z_1 = Z_2'$$

б) побудувати криву ККД  $\eta = f(P_1)$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , де  $P_1$  – потужність у відносних одиницях;

в) визначити процентну зміну вторинної напруги при номінальному навантаженні;

г) визначити розподіл навантаження і ступінь використання потужності для випадку, коли  $\cos \varphi_2 = 0,8$  даний трансформатор включено паралельно з іншим трансформатором, напруга короткого замикання якого на 20 % більше, ніж у першого трансформатора.

Потужність другого трансформатора дорівнює номінальній потужності першого, а навантаження - сумі номінальних потужностей обох трансформаторів.

## 2.3. Завдання до контрольної роботи № 2

### Асинхронні машини

Трифазний асинхронний двигун на 50 Гц із короткозамкненим ротором має дані, які наведені у табл. 3.

Номінальна потужність на валу  $P_{2н}$ , кВт.

Номінальна лінійна напруга  $U_{1н}$ , У

Номінальний струм статора  $I_{1н}$ , А

Номінальна частота обертання  $n_n$ , об/хв.

Номінальний ККД  $\eta_n$ , %.

Номінальний коефіцієнт потужності  $\cos \varphi_n$ .

Активний опір обмотки статора  $R_l$ , Ом.

Приведений активний опір обмотки ротора  $R_2'$ , Ом

Реактивний опір обмотки статора  $X_1$ , Ом.

Приведений реактивний опір обмотки ротора  $X'_2$ , Ом.

Струм холостого ходу  $I_0$ , А.

Втрати холостого ходу  $P_0$ , Вт.

Втрати механічні  $\Delta P_{\text{мех.}}$ , Вт.

Обмотка статора з'єднана в «зірку».

Необхідно:

а) розрахувати і побудувати робочі характеристики:

$$\eta, M, I_1, \eta = f(P_2) \text{ і } n = f(M).$$

б) порівняти значення, отримані для номінальної потужності, з величинами, що наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{2H}$ , кВт	40	28	55	20	75	7	10	7	100	75
$U_{1H}$ , В	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
$I_{1H}$ , А	79	52	104,4	38	141	14,02	18,6	13,8	178,4	141
$n_n$ , об/хв	730	2950	950	2950	1460	1450	2920	2910	1460	960
$\eta_n$ , %	92	89,5	91,4	88,5	92	87,6	89	84	93,6	91,5
$\cos \varphi_n$	0,833	0,91	0,873	0,9	0,88	0,862	0,913	0,913	0,91	0,882
$R_1$ , Ом	0,0585	0,074	0,056	0,109	0,0372	0,518	0,326	0,58	0,0154	0,036
$R_2$ , Ом	0,0445	0,0775	0,0406	0,0976	0,031	0,59	0,335	0,526	0,0175	0,0295
$X_1$ , Ом	0,302	0,378	0,261	0,484	0,19	1,67	0,895	1,3	0,106	0,191
$X'_2$ , Ом	0,518	0,44	0,376	0,52	0,246	2,74	1,7	1,42	0,161	0,295
$I_0$ , А	27	10,5	26,2	9,96	38	4	5,04	4,07	42,7	30,8
$\Delta P_{\text{мех.}}$ , Вт	1259	757	1318	705	1546	47	325	396	2008	1269
	130	350	210	300	450	2,9390	130	180	700	200

## Методичні вказівки до виконання контрольної роботи № 2

При вирішенні прийняти схему заміщення з винесеним намагнічуючим контуром (рис.1).

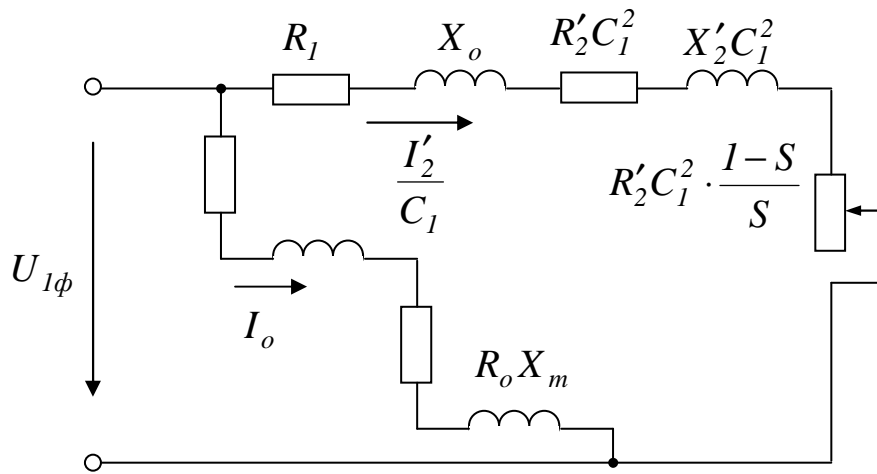


Рис. 1

Параметри контуру намагнічування визначають за наступними формулами:

$$R_o = \frac{P_{oc}}{3I_o^2}; X_o = \sqrt{\left(\frac{U_{1\phi}}{I_o}\right)^2 - R_o^2};$$

$$P_{oc} = P_o - 3I_o^2 R_1 - \Delta P_{мех};$$

$$C_1 = I + \frac{X_1}{X_o}.$$

Розрахунок характеристик варто виконувати при зміні ковзання у межах від 0 до 1,5  $S_H$  ( $S_H$  - номінальне ковзання).

Для цього слід задатися рядом значень  $S$  (приблизно п'ять крапок). За цими значеннями  $S$  визначають:

Струм ротора:

$$I'_2 = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1 + C_1 \frac{R'_2}{S}\right) + (X_1 + C_1 X'_2)^2}};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_1 + C_1 \frac{R'_2}{S}}{\sqrt{\left(R_1 + C_1 \frac{R'_2}{S}\right) + (X_1 + C_1 X'_2)^2}};$$

струм статора

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2} ;$$

активна складова струму статора

$$I_{1a} = I_o \cos \varphi_o + \frac{I_2'}{C_1} \cos \varphi_2 ; I_o = \frac{U_{1\phi}}{C_1 Z_m} ;$$

реактивна складова струму статора

$$I_{1p} = I_o \sin \varphi_o + \frac{I_2'}{C_1} \sin \varphi_2 ; \sin \varphi_o = \frac{X_m}{Z_m}$$

потужність, споживана з мережі

$$P_1 = 3 I_{1a} U_{1\phi} ;$$

сумарні втрати

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{эл1}} + \Delta P_{\text{эл2}} + P_{oc} + \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{доб}} .$$

Додаткові втрати визначають за формулою:

$$\Delta P_{\text{доб}} = 0,005 P_{1н} \left( \frac{I_1}{I_{1н}} \right)^2 ;$$

Магнітні й механічні втрати приймаються постійними.

Потужність на валу двигуна

$$P_2 = P_1 - \sum \Delta P ;$$

Обертаючий момент на валу двигуна

$$M = 9,55 \frac{P_2}{n} \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

Коефіцієнт корисної дії зручно обчислити за формулою:

$$\eta = \left( 1 - \frac{\sum \Delta P}{P_1} \right) \cdot 100\% ;$$

Розрахунки рекомендовано звести у таблицю.

Номінальні величини треба порівняти з приведеними у таблиці паспортними даними при однаковій номінальній потужності.



## Список літератури

1. И.П. Копылов. Электрические машины.- М.: Энергоиздат., 2004.
2. А.В. Иванов-Смоленский. Электрические машины.- М.: Энергия, 1988.
3. А.И. Вольдек Электрические машины.- Л.: Энергия, 1978 (1984).
4. М.М. Кацман. Электрические машины.- М.: Энергоиздат, 1990.
5. Хвостов В.С. Электрические машины. Машины постоянного тока.- М.: Высшая шк., 1988.
6. Брускин Д.Е., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины (2 книги).- М.: Высшая шк, 1987 (1979).
7. М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. Электрические машины (2 книги).- Л.: Энергия, 1972, 1973.
8. В.И. Радин, Брускин Д.Е., Зорохович А.Е. Электрические машины. М.: Высшая шк., 1988.
9. Б.Ф. Токарев. Электрические машины.- М.: Энергоиздат., 1990.
10. Батоврин О.О. Электрические машины.- М.: Энергия, 1987.
11. Безрученко В.Н. Электрические машины.- М.: Энергия, 1980.
12. Д.Б. Головкин, М.Г. Попович. Електричні машини. Електропривод побутової техніки. - К.: Либідь, 2004.

## ЗМІСТ

	Стор.
1. Методичні вказівки до вивчення теоретичного курсу.....	3
2. Методичні вказівки до вивчення окремих типів машин.....	3
2.1 Машини постійного струму.....	3
2.2 Трансформатори.....	6
2.3 Асинхронні машини.....	7
2.4 Синхронні машини.....	9
3. Завдання до контрольних робіт.....	11
3.1 Завдання до контрольної роботи № 1.....	11
3.2 Завдання до контрольної роботи № 2.....	13
4. Список літератури.....	17

## Навчальне видання

Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з курсу «**Електричні машини**» (для студентів 3, 4 курсів заочної форми навчання спеціальностей 6.050702 «Електромеханіка» та 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»).

Укладачі: Глебова Марина Леонідівна,  
Дорохов Олександр Володимирович,  
Чернявська Маргарита Васильовна

Відповідальний за випуск *І. О. Махов*

Редактор *З. М. Москаленко*

Коректор *З. І. Зайцева*

План 2007, поз. 343 М

---

Підп. до друку 28.02.2007

Друк на ризографі

Тираж 200 пр.

Формат 60×84 1/16

Ум. друк. арк. 0,8

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001